

Предлагаемый подход создает предпосылки (кроме расчета средней суммарной освещенности) для анализа распределения освещенности на различных рабочих плоскостях и, следовательно, для создания энергосберегающих систем освещения.

Следует отметить, что вопрос обеспечения высокой точности интерполяционных формул принципиально решаемый. Должным выбором числа узловых точек можно обеспечить требуемую точность. Однако этот вопрос является предметом самостоятельного исследования.

1. Крутовой Р.Ж. Сравнительная характеристика программ расчета осветительных установок // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.38. – К.: Техніка, 2002. – С.230-233.

2. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники. Ч.2. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

3. Справочная книга по светотехнике. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

4. Григоренко Я.М., Панкратова Н.Д. Обчислювальні методи в задачах прикладної математики. – К.: Либідь, 1995. – 280 с.

Получено 06.06.2003

УДК 519.853

А.А.ПЛЕХОВА, В.М.БРЕДИХИН, кандидаты техн. наук  
*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

### **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОЕДИНЕНИЯ В НЕОДНОСВЯЗНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ГЛАДКОЙ ТРАССЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ И ЧАСТЕЙ ОКРУЖНОСТИ**

Строится модель базовой задачи о построении кратчайшей трассы, к которой сводится решение общей задачи о построении кратчайшей гладкой трассы в неодносвязной области на плоскости, составленной из дуг окружностей и соединяющих их касательных. На основе исследования свойств этой модели предложен метод решения базовой задачи и оценена его вычислительная эффективность.

Данный класс задач относится к задачам соединения. Такие задачи возникают при проектировании автомобильных дорог и железнодорожных линий, инженерных сетей, при обустройстве регионов, планировании маршрутов специальной и крупногабаритной техники по пересеченной местности.

Задачи соединения характеризуются большим разнообразием критериев оптимальности и ограничений, накладываемых на геометрические и топологические параметры трасс, и связаны с поиском оптимума в областях сложной геометрической формы (неодносвязных многообразиях). Поэтому актуальность разработки эффективных методов и алгоритмов моделирования подобных трасс сегодня является актуальной.

Задачи соединения, или моделирования и оптимизации трасс начали привлекать внимание исследователей с 60-х годов. В последнее время в этой области работали такие ученые как Ю.Г.Стоян, С.В.Смеляков [1-3]. В их работах строилась топологическая модель пространства путей, использование которой обеспечивало естественную регуляризацию общей оптимизационной задачи за счет ее декомпозиции на конечное число задач оптимизации на непрерывных семействах путей, решения которых, как правило, устойчивы и могут быть выполнены различными методами оптимизации.

Целью исследования является разработка метода и алгоритма решения задачи поиска оптимального соединения на функциональных классах кривых, состоящих из прямолинейных участков и частей окружностей. Кривые такого вида приняты для описания трасс в проектировании с учетом требований нормативных документов.

При решении задачи соединения [3] возникает необходимость поиска в данной области  $F$  трасс минимальной длины при ограничении на кривизну. Важный случай [4] этой общей задачи состоит в отыскании трассы  $p$  на множестве линий класса  $SC$ , которые представляются последовательностями вида:  $p = S_1 C_1 S_2 C_2 \dots S_{n-1} C_{n-1} S_n$ ,  $n \geq 1$ , где  $S_i$  – отрезки, а  $C_i$  – дуги окружностей, которые в общих точках удовлетворяют условию трансверсальности, причем радиусы  $R_i$  этих окружностей могут принимать значение в заданном интервале  $R_* = [R_{\min}, R_{\max}]$ . Здесь возникновение нескольких фрагментов вида  $\Phi_i = \{S_i C_i S_{i+1}\}$  объясняется прежде всего тем, что данная область  $F$  неодносвязна, а её граница представляется ломаной [3].

Пусть  $C$  – вершина границы области  $F$  (рис.1), составленной из ломаных, а  $p_0 = ABC \in F_\tau$  – кратчайшая ломаная, гомотопная данному пути  $\tau \in F$ , соединяющая точки  $A$  и  $B$ . Требуется заменить ломаную  $p_0$  гомотопной ей линией минимальной длины в классе  $SC$ , которая составлена из дуги  $DCE$   $p_* = ADCEB \in F_\tau$  окружности  $O$  радиуса  $R \in R_*$  при условии, что отрезки  $AD$  и  $BE$  лежат на касательных к окружности  $O$ , проходящих через точки  $D, E$ .

Рассмотрим полярную систему координат  $C(x, r)$  с началом в точке  $C$ , где положительное направление угла  $x$  отсчитывается от луча  $CA$  против часовой стрелки. Тогда всякая точка с координатами

$(x, r)$  однозначно определяет центр некоторой окружности  $O$  радиуса  $R$ , а значит и трассу вида

$$p(x, r) = AD \cup \overline{DC} \cup \overline{CE} \cup \overline{EB}, \quad (1)$$

если только  $p(x, r) \in F_\tau$ . Множество таких трасс обозначим  $P_{\tau, r}(A, B)$ , а длину трассы  $p$  как  $L(p)$ . При этом, не теряя общности, можно считать, что радиус  $R_{\min}$  достаточно малый, так, что это множество трасс не пустое.

**Базовая задача.** Для данных точек  $A, B, C$  найти такое положение  $w_* = (x_*, r_*)$  центра окружности радиуса  $R$ , при котором для порождаемой ею трассы  $p_* = p(x_*, r_*) \in P_{\tau, r}(A, B)$  выполняется условие

$$L(p_*) = \min_{p \in P_{\tau, r}(A, B)} L(p) \quad (2)$$

Введем такие обозначения (рис.2):  $A, B, \delta$  – углы при вершинах  $A, B, C$  треугольника  $ABC$ ;  $a, b$  – длины сторон  $AC$  и  $BC$ , а  $\alpha(\beta)$  – угол между стороной  $AC(BC)$  и касательной  $AD(BE)$  соответственно. Тогда справедливы следующие утверждения. Окружность  $O$ , определяющая оптимальное решение  $p_* = p(x_*, r_*)$ , проходит через точку  $C$ , причем координаты её центра удовлетворяют условиям:

$$x_* \in X = \left[ -\frac{\pi}{2} + \delta; \frac{\pi}{2} \right]; \quad r_* \in R.$$

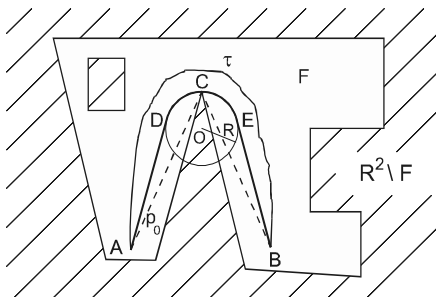


Рис.1

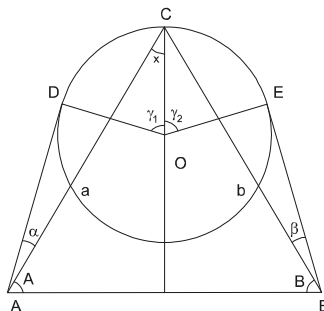


Рис.2

На интервале  $X = \left[ -\frac{\pi}{2} + \delta; \frac{\pi}{2} \right]$  длина  $l_1 + L(\gamma_1)$  фрагмента  $ADC$  монотонно убывает, а длина  $l_2 + L(\gamma_2)$  фрагмента  $BCE$  монотонно растет.

Учитывая, что решение базовой задачи требуется найти с заданной точностью  $\Delta$  по порядку величины, составляющей 1%, рассмотрим метод ее решения основанный на монотонной зависимости длины фрагментов  $ADC$  и  $CEB$  от угла  $x$  и малой относительной вариации  $v = (f_{\max} - f_{\min}) / f_{\min}$  на интервале  $X$ .

Максимальная длина фрагмента  $ADC$  достигается при  $x = -\frac{\pi}{2} + \delta$ ; взяв большее значение функции при  $x = -\frac{\pi}{2}$ , получим:

$$l_1 = a, \quad \gamma_1 = \pi + 2 \arcsin \frac{R}{\sqrt{R^2 + a^2}}.$$

Минимальна длина этого фрагмента достигается при  $x = \frac{\pi}{2}$ , что дает  $l'_1 = a, \quad \gamma'_1 = 0$ . Тогда относительная вариация для этого фрагмента составляет величину, не превосходящую

$$v = \frac{l_1 + R\gamma_1 - l'_1 - R\gamma'_1}{l'_1 + R\gamma'_1} = \frac{R}{a} \left( \pi + 2 \arcsin \frac{R}{\sqrt{R^2 + a^2}} \right).$$

При требуемом [4] среднем отношении  $m$  длин прямолинейных ( $AD$ ) и криволинейных ( $DC$ ) участков трасс получим оценку:

$$m = \frac{L(AD)}{L(\gamma')} \approx \frac{a}{2\pi R / 4} = \frac{2a}{\pi R}, \text{ в соответствии с которой значение вариации функционала } L(AC) \text{ на } X \text{ примет вид}$$

$$v = \frac{2}{m} + \frac{4}{m\pi} \arcsin \left[ 1 + \left( \frac{\pi n}{2} \right)^2 \right]^{1/2}. \quad (3)$$

Типовые значения  $m$ , средние длины прямолинейных и криволинейных участков трасс и соответствующая им относительная вариация  $v$  функционала (3) приведены в таблице.

Типовое отношение длин, $m$	2	3	5	10
$V_m$	1,2	0,8	0,6	0,2
$V_* = (V_{\min}, V_{\max})$				

Разобьем интервал  $X$  на  $n$  равных частей  $\Delta x = (\pi - \delta) / n$ . Тогда средняя вариация на одном интервале составит не более  $e = v / n$ , а значит, замена значений функционала  $l_1 + \gamma_1 R$  на интервале  $\Delta x$  значением в середине интервала не превысит  $e / 2$ , а функционала  $l_1 + l_2 + R(\gamma_1 + \gamma_2)$  на том же промежутке – значения  $e$ . Приравнивая эту погрешность к допустимой, получим  $v / n = \Delta$ , что дает  $n_{\max} = v_{\max} / \Delta = 120$  (при  $m = 2$ ) и  $n_{\min} = v_{\min} / \Delta = 20$  (при  $m = 10$ ) интервалов. Следовательно, простой перебор  $n$  точек,  $n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$ , выбранных по правилу

$$x_i = -\frac{\pi}{2} + \delta + \frac{\Delta}{v_m} \left( \pi - \delta \right) \left( i - \frac{1}{2} \right), \quad i = 1, 2, \dots, n = \frac{v_m}{\Delta},$$

и вычисление в них функционала  $L(p)$  позволяет найти решение базовой задачи с требуемой точностью  $\Delta$  для заданного отношения  $m$ .

Поскольку расчет значения функционала  $L(p)$  для одного значения  $x$  требует порядка 40 арифметических операций, окончательно имеем, что для получения  $\Delta$ -оптимального решения в среднем ( $m = 3$ ) требуется  $\psi = 40 \cdot n = 40 \frac{v_m}{\Delta} = \frac{32}{\Delta}$  операций.

Таким образом, естественным обобщением базовой задачи является задача с одним или двумя граничными условиями. В случае общей задачи рассматриваем аналогичную систему уравнений для каждой окружности, дополняя её условиями трансверсальности, что приводит в итоге к простой задаче пересчета параметров фрагментов до достижения требуемой точности  $\Delta$ , которая может быть решена, например, методом локальных вариаций [5].

1. Стоян Ю. Г., Романова Т.Е. Интервальное касание выпуклых интервальных многоугольников // ДАН Украины. – 2000. – №7. – С.21-26.

2. Stoyan Yu. G., Yakovlev, S.V. Construction of convex extremum of functions given onto a hypersphere. Cybernetic and system analysis. 1998, N1 - pp. 27-36.

3. Алисейко А.А., Смеляков С.В. Общая задача поиска оптимальных пространственных соединений и особенности её моделирования при решении прикладных задач. // Харьковский институт радиоэлектроники. – Харьков, 1990. – 108с. Деп. в Укр НИИТИ 27.08.90 г., №1449 - Ук. 90. СНИП 2-Д.5-72.

4. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1995. – 127 с.  
5. Энди Митчел. Пространственные модели и взаимосвязи. – К.: Есонт, 2000. – 179 с.

*Получено 06.06.2003*

УДК 621.436.03 – 531.6.001.5 + 629.113

А.Г.ЯЦЕНКО, И.В.ГРИЦУК, кандидаты техн. наук  
*Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка*

## **ОГРАНИЧЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ**

Рассматриваются основные причины повышения токсичности и дымности отработавших газов дизелей, влияние режимов работы автомобильных двигателей в эксплуатационных условиях на количество вредных выбросов. Приведены результаты разработки и использования при диагностировании и регулировании топливной аппаратуры дизелей электронного тахометра.

К основным задачам снижения токсичности и дымности дизелей входят разработки средств и методов регулирования, диагностирования и испытаний топливных насосов высокого давления и двигателей внутреннего сгорания в условиях эксплуатации, что соответствует приоритетному направлению «Экологически чистая энергетика и энергосберегающие технологии».

Количество вредных выбросов и соотношение между различными вредными веществами в отработавших газах автомобильных двигателей в большой степени определяются режимом работы двигателей в эксплуатационных условиях. Анализ исследований, проведенных разными авторами, показывает, что основными режимами работы автомобильных двигателей при движении автомобилей в населенных пунктах являются частичные нагрузочные и скоростные режимы. Наиболее часто используемая частота вращений двигателя составляет 40...70% номинальной [1]. Для автомобилей с дизелями при всережимном регулировании характерен режим полных нагрузок [2].

Широкое использование режимов малых нагрузок, самостоятельного и принудительного холостого хода является причиной повышенного выброса в атмосферу продуктов неполного сгорания. Работа дизеля в режимах холостого хода характеризуется увеличением выбросов оксида углерода и углеводородов и уменьшением выбросов оксидов азота. Значительное увеличение названных токсичных компонентов наблюдается при работе дизеля с нагрузками, близкими к полным. В исследованиях по влиянию режима работы на состав отработавших газов дизелей получены